پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۳۹۸، صفحهٔ ۱۴۰-۱۲۶
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 1, 2019, p. 126-140 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.63255

ارزیابی بودجه انرژی تولید لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در نظام‌های زراعی مختلف در ایران

حسن شهقلی[1]، محمدرضا اصغری‌پور[2]*، عیسی خمری[4] و عادل غدیری[5]

۱- دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی، گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل، h_agroo2000@yahoo.com
۲- دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
۳- استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ikhammari@gmail.com
۴- ایستگاه ملی تحقیقات لوبیای کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خمین، ایران، adelgh_m@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۰۲

چکیده

به‌منظور ارزیابی بودجه انرژی شدت‌های مختلف مصرف نهاده در ارقام مختلف لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه ملی تحقیقات لوبیای کشور واقع در خمین اجرا شد. شدت‌های مختلف مصرف نهاده شامل اکولوژیک، تلفیقی، کم‌نهاده، متوسط‌نهاده و پُرنهاده به‌عنوان کرت‌های اصلی و ارقام مختلف لوبیا (لوبیاسفید رقم درسا، لوبیاقرمز لاین امیدبخش Ks-31169، لوبیاچیتی رقم صدری) به‌عنوان کرت‌های فرعی درنظرگرفته شدند. شدت‌های مختلف مصرف نهاده شامل دفعات عملیات خاک‌ورزی و مقادیر مختلف کاربرد کود، سموم، بذر و آبیاری بود. برای ارزیابی شاخص‌های انرژی ابتدا مجموع انرژی خروجی، مجموع انرژی ورودی، انرژی دانه و انرژی کاه، اندازه‌گیری و سپس شاخص‌های کارآیی انرژی، انرژی خالص، انرژی مخصوص، فشردگی انرژی، شدت انرژی تولیدی، مصرفی و جاری ارزیابی شد. مقدار انرژی ورودی در نظام‌های زراعی اکولوژیک، تلفیقی، کم‌نهاده، متوسط‌نهاده و پُرنهاده به ترتیب ۱۴۱۲۱، ۳۲۴۳۲، ۲۴۲۶۰، ۳۷۱۱۸ و ۵۷۳۹۰مگاژول در هکتار و انرژی خروجی در این نظام‌ها به ترتیب ۴۰۱۳۵، ۵۱۳۸۲، ۳۳۸۲۴، ۴۶۴۱۷ و ۶۰۱۴۲مگاژول در هکتار تخمین زده شد. بیشترین کارآیی انرژی و کارآیی زیست‌محیطی انرژی کمکی مربوط به نظام اکولوژیک رقم صدری به‌ترتیب به میزان ۳/۳ و ۳/۵ بود که در مقایسه با نظام پُرنهاده رقم صدری به‌ترتیب ۱۵۵ و ۱۶۹درصد افزایش کارآیی داشته است. نتایج این مطالعه نشان داد نظام زراعی اکولوژیک با وجود کاهش شدت انرژی تولیدی و شدت انرژی مصرفی نسبت به سایر نظام‌ها کاهش کل ارزش خدمات کشاورزی اکولوژیک را به همراه داشته است؛ اما حرکت به سمت کشاورزی پایدار خدمات غیربازاری بیشتری همچون حفظ سلامت نظام تولیدی و تولید غذای سالم را دربرخواهد داشت.

کلمات کلیدی: انرژی تجدیدپذیر، حبوبات، سیستم‌های تلفیقی، کارآیی زیست‌محیطی

مقدمه

سیستم‌های زراعی جوامعی از گیاهان هستند که در آن‌ها انرژی خورشیدی، سوخت‌های فسیلی و الکتریسیته، به غذا و الیاف مورد نیاز انسان تبدیل می‌شوند (Koocheki *et al.*, 1996). در سیستم‌های زراعی برخلاف سیستم‌های طبیعی، هنگام برداشت زیست‌توده مقادیر قابل‌توجهی از انرژی به‌جای ذخیره در سیستم به خارج از آن هدایت می‌شود. از خصوصیات دیگر سیستم‌های زراعی کاهش چرخش مواد غذایی، کاهش مکانیزم‌های تنظیم جمعیت و کاهش ثبات در مقایسه با سیستم‌های طبیعی است که با توجه به اعمال مدیریت در سیستم‌های زراعی می‌توان در جهت رفع آن‌ها اقدام کرد (Koocheki & Hosseini, 1994). طی چندین دهه اخیر، ضرورت استفاده از ارقام پُرمحصول، نیاز به مصرف کودهای شیمیایی جهت تقویت خاک و نیز سموم شیمیایی جهت مبارزه با آفات را افزایش داده است (Koocheki *et al.*, 1995). بی شک تأمین این انرژی‌ها به‌طور نامحدود امکان‌پذیر نخواهد بود و ادامه تأمین آن‌ها در سطح فعلی نیز میسر نیست. از طرفی به علت آلودگی زیست‌محیطی و همچنین افزایش قیمت نهاده‌ها، مصرف آن‌ها از نظر زیست‌محیطی و اقتصادی، مقرون به‌صرفه نخواهد بود (Qiu *et al.*, 2007). در نظام‌های تولیدی غذا، افزایش کارآیی مصرف نهاده‌ها و بهره‌برداری از انرژی‌های داخلی به‌جای اتکاء به نهاده‌های خارجی از اولویت خاصی برخوردار خواهد بود (Locke *et al.*, 2002). در این راستا کارآیی انرژی مصرفی و الگوهای کشت متکی به روش‌های

*نویسنده مسئول: m_asgharipour@uoz.ac.ir

زراعی کم‌نهاده، اساس رهیافت‌های تولیدات اکولوژیکی خواهد بود (Sedighi & Rousta, 2003). نظام‌های زراعی فعلی که کاملاً متکی به نهاده‌های بیرونی هستند، از جنبه‌های مختلف آسیب‌پذیر می‌باشند (Koocheki *et al*., 1995). به همین دلیل در آستانه ورود به قرن۲۱ دیدگاه‌های جدیدی در این رابطه مطرح‌شده‌اند. این دیدگاه‌ها در قالب کارآیی بیشتر نهاده‌ها، حفاظت از محیط‌زیست و منابع طبیعی، اقتصاد اکولوژیکی و نهایتاً تأمین غذا و امنیت غذایی مطرح می‌باشند (Behbahani, 2012). بدون تردید در هر نظام تولیدی کارآیی مصرف انرژی از اصول اولیه و بالابردن کارآیی تولید از اهداف اساسی می‌باشد (Mahdavi-Damghani *et al*., 2006).

Clements *et al*, (1995) در تحقیق خود بیان نمودند، در نظام کشت پُرنهاده ذرت (*Zea mays* L.)، ۱۸درصد انرژی ورودی مربوط به کنترل علف‌های هرز بوده است. این در حالی است که کل انرژی ورودی نظام ارگانیک، یک‌سوم نظام پُرنهاده بود. Zare-Faizabad & Koocheki (2000) در مقایسه نظام‌های زراعی متداول و اکولوژیک در گندم (*Triticum aestivum* L.) بیان نمودند که اگرچه عملکرد در نظام‌های زراعی کم‌نهاده و ارگانیک کمتر از سایر نظام‌ها بود، ولی این نظام‌ها از کارآیی انرژی بالاتری برخوردار بودند. در آزمایشی جهت بررسی کارآیی انرژی نظام‌های ارگانیک و متداول در محصولات ذرت، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) و گندم در ایالت آیداهوی آمریکا بیان شد که کارآیی انرژی در نظام ارگانیک ذرت و گندم بین ۷۰-۲۹درصد نسبت به‌نظام متداول افزایش داشته است (Pimental *et al*., 1983).

امروزه در تمامی نظام‌های زراعی، کاهش وابستگی به انرژی‌های یارانه‌ای از اهداف اساسی به شمار می‌آید. بدیهی است، شناسایی پتانسیل‌های تولید در بوم‌نظام‌های زراعی مختلف بر پایه تحقیقات علمی کمک شایانی به افزایش بهره وری تولید خواهد نمود. از آنجایی که مصرف انرژی یکی از ضروت‌های مهم در نظام‌های مختلف تولید (اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاد، تلفیقی و پُرنهاده) به شمار می‌آید، معرفی یک سیستم کارآمد انرژی کمک بزرگی به چرخه اقتصاد کشاورزی خواهد کرد. از آنجا که تاکنون مطالعات محدودی در مورد مصرف انرژی در سیستم‌های مختلف تولید لوبیا در کشور انجام شده است، این مطالعه به‌منظور ارزیابی بودجه انرژی شدت‌های مختلف مصرف نهاده در ارقام مختلف لوبیا انجام شد.

مواد و روش

این پژوهش در ایستگاه ملی تحقیقات لوبیای کشور واقع در شهرستان خمین، با موقعیت جغرافیایی ۵۰درجه و ۰۵دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳درجه و ۶۳دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۹۸/۲متر از سطح دریا در سال زراعی۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. میانگین ۳۰ساله بارندگی ۳۱۰/۵میلی‌متر و متوسط دمای سالانه در این منطقه ۱۲/۴درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بر اساس طبقه‌بندی آمبرژه اقلیم خمین نیمه‌خشک و سرد است. خصوصیات خاک محل آزمایش قبل از اعمال تیمارها در جدول۱ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های خاک محل اجرای آزمایش قبل از افزودن تیمارها (تا عمق ۳۰سانتی‌متر)

Table 1. Location of experimental soil before adding treatments (up to depth of 30 cm)

بافت خاک soil texture	O.C. %	Cu mg kg^{-1}	Fe mg kg^{-1}	Mn mg kg^{-1}	Zn mg kg^{-1}	K mg kg^{-1}	P mg kg^{-1}	N %	pH	EC dSm^{-1}
Clay loam لوم رسی	0.51	1.37	2.68	7.68	1.18	280	14.5	0.07	7.54	1.9

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از سیستم‌های مختلف تولید شامل اکولوژیک، تلفیقی، کم‌نهاده، متوسط‌نهاده و پُرنهاده به‌عنوان کرت‌های اصلی و رقم مختلف لوبیا (شامل لوبیاسفید رقم درسا، لوبیاقرمز لاین امیدبخش Ks-31169، لوبیاچیتی رقم صدری) به‌عنوان کرت‌های فرعی. شیوه اعمال شدت‌های مختلف مصرف نهاده بر اساس منابع موجود (Zare & Shahbazi, 2005; Ghadiri, 2010; Sayadi *et al*., 2010) انتخاب گردید. میزان نهاده‌های مصرفی و مدیریت زراعی در نظام‌های مختلف در جدول۲ ارائه شده است. هر واحد آزمایشی شامل چهار خط کشت به طول شِش متر با فاصله خطوط ۰/۵متر بود. به‌منظور جلوگیری از اختلاط اثر هر یک از مدیریت‌های زراعی، فاصله بین تکرارها دو متر و فاصله بین کرت‌های اصلی درون هر تکرار، دو متر درنظرگرفته شد. کاشت در تاریخ ۱۴خردادماه سال۱۳۹۴ با عمق پنج سانتی‌متر انجام شد.

جدول ۲- میزان نهاده‌های مصرفی و عملیات زراعی در شدت‌های مختلف مصرف نهاده لوبیا

Table 2. Quantity of input and farming management in different energy intensity of bean

		Cropping systems نظام‌های زراعی				
	نهاده مصرفی Consumer inputs	پُرنهاده High input	متوسط‌نهاده Medium input	کم‌نهاده Low input	تلفیقی Integrated	اکولوژیک Ecological
عملیات تهیه زمین Land preparation operations	Plow (No.) شخم (تعداد)	2	1	1	1	1
	Disk (No.) دیسک (تعداد)	2	2	1	1	-
	Leveler (No.) لولر (تعداد)	2	1	-	1	-
	Border (No.) مرزبند (تعداد)	1	1	1	1	1
Density (Seed m^{-2}) تراکم (دانه در مترمربع)		45	50	45	60	60
کود Fertilizer	Urea (kg ha^{-1}) اوره	225	150	75	150	-
	Single superphosphate (kg ha^{-1}) سوپرفسفات ساده	150	100	50	100	-
	Potassium sulfate (kg ha^{-1}) سولفات پتاسیم	15	10	5	10	-
	(kg ha^{-1}) Chelated iron کلات آهن	7.5	5	2.5	5	-
	Animal manure (ton /ha) کود حیوانی	-	-	-	15	40
مبارزه با علف‌های‌هرز Weed control	Herbicide application (No.) شیمیایی (تعداد)	2	2	1	1	-
	Hand weeding (No.) وجین دستی (تعداد)	-	1	2	1	3
Pest control (if applicable) (No.) بارزه با آفات در صورت نیاز (تعداد)		3	2	1	1	-
Irrigation intervals (day) میزان آب مصرفی (فواصل به‌روز)		4	5	7	5	7

برای ارزیابی شاخص‌های انرژی ابتدا مجموع انرژی خروجی، مجموع انرژی ورودی، انرژی دانه، انرژی کاه محاسبه و بعد شاخص‌های کارآیی انرژی، انرژی خالص، انرژی مخصوص، فشردگی انرژی، شدت انرژی تولیدی، مصرفی و جاری ارزیابی شد. برای اندازه‌گیری انرژی دانه و کاه مربوط به هر کرت آزمایشی، دو ردیف کناری به عنوان اثر حاشیه منظور گردید و نمونه برداری‌ها فقط از دو ردیف وسطی (البته با احتساب ۵۰سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر ردیف) با انتخاب پنج بوته به طور تصادفی صورت گرفت. نمونه های انتخابی پس از خشک‌شدن در آون طبق شرایط استاندارد آسیاب گردیده و با استفاده از دستگاه بمب کالری‌متر مقدار انرژی موجود در ماده خشک آن محاسبه شد. در پایان انرژی مجموع خروجی و ورودی هر تیمار از معادله‌های زیر محاسبه گردید (Koocheki & Hosseini, 1994).

$$\sum E_{out} = (\text{عملکرد کاه لوبیا} + \text{انرژی حاصل از هر واحد کاه لوبیا}) + (\text{عملکرد دانه لوبیا} \times \text{انرژی حاصل از هر واحد دانه لوبیا})$$ معادله (۱)

$$\sum E_{in} = (\text{انرژی مصرفی نیروی انسانی} + \text{انرژی بذر مصرفی} + \text{انرژی مصرفی آبیاری} + \text{انرژی مصرفی کود و سموم شیمیایی}) + \text{انرژی مصرفی ماشین‌های کشاورزی}$$ معادله (۲)

که در این معادلات $\sum E_{out}$ و $\sum E_{in}$ مجموع انرژی خروجی و ورودی هر تیمار می‌باشد.

روش محاسبه انرژی‌های ورودی

الف) انرژی ماشین‌آلات: محاسبه میزان انرژی ماشین‌آلات به کاررفته از طریق معادله‌های زیر محاسبه شد (Koocheki & Hosseini, 1994).

معادله (۳)

$$\text{ظرفیت مؤثر} = \left(\text{عرض کار}(m)\right) \times \left(\text{کیلومتر در ساعت} \times \text{راندمان}\right)\text{سرعت} / 1000\ {hr}/{ha}$$

معادله (۴)

$$\text{ساعات عملیات زراعی} = \frac{1}{\text{ظرفیت مؤثر}\ {hr}/{ha}}$$

معادله (۵)

$$\sum \text{ساعات عملیات زراعی} = \sum \frac{1}{\text{ظرفیت مؤثر}\ {hr}/{ha}}$$

معادله (۶)

$$\text{سوخت تراکتور مسی فرگوسن} = 0.06 \times \text{PTO قدرت تراکتور در}\ 3.78 \times 0.73\ (\text{تبدیل گالن به لیتر})\ {\text{Lit}}/{\text{hr}}$$

معادله (۷)

$$\left({\text{kcal}}/{\text{ha}}\right)\text{سوخت مصرفی در هکتار} = \sum \text{ساعات عملیات زراعی} \times 285\ \text{سوخت تراکتور مسی فرگوسن}$$

هر گالن گازوئیل برابر ۳۶۲۲۵ کیلوکالری:

معادله (۸)

$$\left({\text{kcal}}/{\text{ha}}\right)\text{مقدار انرژی سوخت مصرف شده در هکتار} = \text{مقدار انرژی مصرفی در هکتار} \times \left(\frac{36225}{3.78}\right)$$

انرژی ساخت و استهلاک هر ساعت کار تراکتور برابر ۹۰۰۰۰ کیلوکالری:

معادله (۹)

$$\sum \text{انرژی ساخت و استهلاک} = \sum \text{ساعات عملیات زراعی} \times 90000\left({\text{kcal}}/{\text{ha}}\right)$$

معادله (۱۰)

$$\text{انرژی مصرفی نیروی انسانی} = \left(\sum \text{تعداد ساعات} \times 175\left({\text{kcal}}/{\text{ha}}\right)\right)$$

ب) انرژی بذر مصرفی

معادله (۱۱)

$$\text{انرژی بذر مصرفی} = \text{مقدار بذر مصرفی در هکتار} \times \text{میزان انرژی واحد بذر مصرفی}$$

ج) انرژی کود مصرفی

با توجه به میزان عنصر مورد نظر موجود در کود مصرفی، میزان انرژی لازم برای ساخت یک کیلوگرم کود خالص (نیتروژن ۱۷۶۰۰ و فسفر ۳۱۹۰کیلوکالری) محاسبه گردید (Koocheki & Hosseini, 1994). به‌عنوان مثال در مورد کود اوره:

(معادله ۱۲ و ۱۳)

$$\left({\text{kcal}}/{\text{ha}}\right)\text{مقدار نیتروژن خالص مصرفی} = \text{مقدار کود مصرفی} \times 46\%$$

انرژی ساخت هر کیلوگرم نیتروژن خالص برابر ۱۷۶۰۰ کیلوکالری:

$$\text{انرژی نیتروژن مصرفی} = \text{مقدار نیتروژن مصرفی} \times 17600(\text{kcal})$$

د) انرژی علف‌کش‌ها و سموم مصرف‌شده

برای ساخت هر کیلوگرم ماده مؤثره و غیرموثر علف‌کش به‌ترتیب ۲۷۱۷۰ و ۱۰۰۰۰کیلوکالری انرژی درنظرگرفته که معمولاً به‌ترتیب ۲۰ و ۸۰درصد سموم را مواد مؤثره غیرمؤثر تشکیل می‌دهد (Koocheki & Hosseini, 1994).

ه) انرژی آب آبیاری

بدین منظور ابتدا باید قدرت مصرف‌شده، جهت استخراج آن از داخل چاه، توسط پمپ طی یک ساعت را از فرمول زیر محاسبه کرد (Koocheki & Hosseini, 1994).

(معادله ۱۴)

$$E = (0.8Q \times P \times H \times e1 \times e2)/(nT \times Np)$$

E قدرت مصرف‌شده در یک ساعت (KWh^{-1})؛ Q دبی پمپ ($m^2.sec^{-1}$)؛ H بار کل دینامیکی (عمق آب موجود در چاه)؛ P دانسیته آب؛ e1 ضریب مربوط به محل (در سطح دریا و دمای ۱۵ درجه معادل ۱ است)؛ e2 ضریب اطمینان از عدم وجود بار اضافی؛ nT راندمان انتقال (۹۵درصد)؛ Np راندمان پمپ.

معادله (۱۵) آبدهی پمپ در یک ساعت = دبی پمپ × $3600\ {}^{m3}/_{hr^{-1}}$

معادله (۱۶) تعدا ساعات آبیاری پمپ = (آبدهی پمپ در یک ساعت/نیاز آبی لوبیا)

معادله (۱۷) کیلووات ساعت لازم برای تأمین آبیاری یک هکتار لوبیا = E × تعداد ساعات آبیاری پمپ

در این معادله E، قدرت مصرف‌شده در یک ساعت (KWh-1) و یک کیلووات ساعت برابر ۵/۸۶۰ (کیلوکالری)

معادله (۱۸) انرژی لازم برای آبیاری یک هکتار لوبیا($^{kcal}/_{ha}$) = کیلووات ساعت لازم برای آبیاری یک هکتار لوبیا × 5.860

جدول ۳- انواع انرژی ورودی از کل نرژی ورودی در شدت‌های مختلف نهاده در ارقام مختلف لوبیا

Table 3. Energy input types from total energy inputs in different intensity of energy consumption in different bean varieties

نوع انرژی Type of energy	رقم Varieties	درصدازکل % of total	پُرنهاده High input	درصدازکل % of total	متوسط Medium-input	درصدازکل % of total	کم‌نهاده Low input	درصدازکل % of total	تلفیقی Integrated	درصدازکل % of total	اکولوژیک Ecological
انرژی مستقیم Direct energy	صدری Sadri	41	20527	42	15428	45	10617	39	12483	58	7754
	درسا Dorsa	40	20116	41	15099	43	10382	38	12154	53	7520
	Ks-31169	39	19887	40	14917	41	10252	36	11972	50	7389
انرژی غیرمستقیم Indirect energy	صدری Sadri	59	29611	58	21344	55	13138	61	19602	42	5717
	درسا Dorsa	60	30159	59	21972	57	13846	62	20230	47	6571
	Ks-31169	61	30707	60	22595	59	14545	64	20853	50	7411
انرژی تجدید پذیر Renewable energy	صدری Sadri	6	2820	8	3000	13	3159	9	3026	28	3818
	درسا Dorsa	7	3368	10	3627	16	3867	11	3654	33	4671
	Ks-31169	8	3916	11	4250	18	4565	13	4277	37	5512
انرژی‌تجدید ناپذیر Non-renewable energy	صدری Sadri	94	47317	92	33772	87	20596	91	29058	72	9653
	درسا Dorsa	93	46905	90	33443	84	20361	89	28729	67	9418
	Ks-31169	92	46677	89	33260	82	20230	87	28547	63	9288
کل انرژی ورودی Total energy input	صدری Sadri	100	50138	100	36772	100	23755	100	32086	100	13472
	درسا Dorsa		50274		37071		24228		32384		14091
	Ks-31169		50594		37511		24796		32825		14800
کل انرژی خروجی Total energy output	صدری Sadri		64884		40198		38500		52515		44413
	Dorsa درسا		56692		46520		30785		48425		37613
	Ks-31169		60851		52534		32186		53206		38380

۱- انرژی مستقیم شامل: نیروی انسانی، سوخت موتور پمپ، سوخت ماشین آلات و آب آبیاری، ۲- انرژی غیرمستقیم شامل: بذر، کودها و مواد شیمیایی، ۳- انرژی تجدیدپذیر شامل: نیروی انسانی و آب آبیاری، ۴- انرژی غیرقابل‌تجدید شامل: سوخت موتور پمپ، سوخت ماشین‌آلات، کودها و مواد شیمیایی

1- Direct energy: Includes human labor, diesel, and electricity; 2- Indirect energy: Includes seeds, fertilizers, manure, chemicals, machinery and irrigation; 3- Renewable energy: Includes human labor, seeds, manure and irrigation; 4- Non-renewable energy: Includes diesel, chemical, fertilizers, machinery.

برای محاسبه شاخص‌های انرژی از معادله‌های زیر استفاده شد (Moerschner & Gerowitt, 2000, Asgharipour, *et al*., 2012).

معادله (۱۹) $EUE = \frac{E_{out}}{E_{in}}$

معادله (۲۰) $EP = \frac{CY}{E_{in}}$

معادله (۲۱) $SE = \frac{E_{in}}{CY}$

معادله (۲۲) $NE = E_{out} - E_{in}$

معادله (۲۳) $EI = \frac{E_{in}}{TCP}$

معادله (۲۴) $PEI = \frac{PE}{10000}$

معادله (۲۵) $CEI = \frac{CE}{10000}$

معادله (۲۶) $FEI = \frac{PEI}{CEI}$

معادله (۲۷) $EESE = \frac{E_{out} + \text{SOM cha}}{E_{in}}$

معادله (۲۸) $NEE = (E_{out} + \text{SOM cha}) - E_{in}$

EUE، کارآیی کاربرد انرژی[۱]؛ E_{out}، انرژی خروجی[۲] (مگـاژول در هکتـار)؛ E_{in}، انرژی ورودی[۳] (مگـاژول در هکتـار)؛ EP، بهـره‌وری انرژی[۴] (کیلوگرم محصول زراعـی تولیدشـده بـه مگـاژول انـرژی ورودی)؛ CY، عملکرد محصول[۵] (کیلوگرم در هکتار)؛ SE، انـرژی مخصوص[۶] (مگاژول بر کیلوگرم)؛ NE، انرژی خالص[۷] (مگاژول در هکتار)؛ EI، فشردگی انرژی[۸]؛ TCP، کل هزینه تولیـد[۹] (ریـال در هکتـار)؛ PEI، شـدت انـرژی تولیـدی[۱۰]؛ PE، انـرژی تولیدشـده (مگاژول در هکتار)؛ CEI، شـدت انـرژی مصـرفی[۱۱]؛ CE، انـرژی مصرف‌شده (مگـاژول در هکتـار)؛ FEI، شـدت انـرژی جـاری[۱۲]؛ EESE، کارآیی زیست‌محیطـی انـرژی کمکـی[۱۳]، SOM cha، تغییـر مواد آلی[۱۴]؛ NEE، انرژی زیست‌محیطی خالص[۱۵].

[1] Energy Use Efficiency
[2] Energy output
[3] Energy input

[4] Energy Productivity
[5] Crop Yield
[6] Specific Energy
[7] Net Energy
[8] Energy Intensity
[9] Total Cost of Production
[10] Energy Intensity of Production
[11] Consumed Energy Intensity
[12] Current Energy Intensity
[13] Environmental Efficiency of Support Energy
[14] SOM change
[15] Net Environmental Energy

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل انرژی‌های ورودی و خروجی در نظام زراعی اکولوژیک ارقام مختلف لوبیا

داده‌های مربوط به مقدار انرژی‌های ورودی در نظام‌های تولیدی ارقام مختلف لوبیا در جدول ۳ ارائه شده است. به‌ترتیب بیشترین مقدار انرژی ورودی مربوط به نهاده بذر لاین امیدبخش Ks-31169 (۳۳درصد)، الکتریسته در رقم صدری (۲۰درصد)، ماشین‌آلات، سوخت و ساخت و استهلاک ماشین‌آلات در رقم صدری (به‌ترتیب ۱۷، ۱۷ و ۱۷درصد) و نیروی کارگری در رقم صدری و درسا (۳درصد) مشاهده گردید؛ درحالی‌که کمترین مقدار انرژی ورودی مربوط به نهاده آبیاری و کود دامی (۱ و صفردرصد) در لاین امیدبخش Ks-31169 محاسبه شد (شکل ۱). لازم بذکر است در این نظام نهاده‌های کود و سموم شیمیایی استفاده نشده است.

در مجموع ۱۳۴۷۲، ۱۴۰۹۱ و ۱۴۸۰۰مگاژول انرژی ورودی در هکتار و ۴۴۴۱۳، ۳۷۶۱۳ و۳۸۳۸۰مگاژول انرژی خروجی در هکتار به‌ترتیب در ارقام مختلف صدری، درسا و لاین امیدبخش Ks-31169 در نظام تولید اکولوژیک محاسبه شد. بیشترین مقدار انرژی مستقیم و تجدیدناپذیر مربوط به رقم صدری (به‌ترتیب ۵۸ و ۷۲درصد) و انرژی غیرمستقیم و تجدیدپذیر مربوط به لاین امیدبخش Ks-31169 (به‌ترتیب ۵۰ و ۳۷درصد) بود (جدول ۳). در بین شاخص‌های اندازه گیری‌شده بیشترین کارآیی انرژی (۳/۳۰)، انرژی خالص (۳۰۹۴۱مگاژول در هکتار)، بهره‌وری انرژی (۰/۲۰۱کیلوگرم درمگاژول)، شدت انرژی جاری (۳/۲۹مگاژول در متر مربع)، شدت انرژی تولیدی (۴/۴۴مگاژول در مترمربع)، کارآیی زیست‌محیطی انرژی کمکی (۳/۵)، انرژی زیست‌محیطی خالص (۳۳۲۰۲مگاژول در هکتار) مربوط به رقم صدری بود؛ این در حالی است که بیشترین شاخص انرژی مخصوص (۶/۳۸مگاژول در کیلوگرم)، فشردگی انرژی (۰/۰۰۲۴مگاژول بر ریال) و شدت انرژی مصرفی (۱/۴۸مگاژول بر مترمربع) مربوط به لاین امیدبخش Ks-31169 بود (جدول ۴). نظام تولیدی اکولوژیک با تکیه بر نهاده‌های طبیعی و استفاده از نیروی انسانی کاهش ورودی های شیمیایی و ماشین‌آلات را به‌همراه داشته است، هرچند که در این نظام، عملکرد نسبت به نظام پُرنهاده کمتر بود، اما افزایش ۲۷درصدی کارآیی انرژی و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی را به‌همراه داشت. در همین راستا Stolze *et al.* (2000) بیان نمودند سیستم ارگانیک کاهش ۲۱ تا ۴۳درصدی انرژی ورودی را نسبت به سیستم پُرنهاده گندم را به همراه داشت. Halberg *et al.* (2000) اظهار داشتند که در روش‌های ارگانیک معمولاً از انرژی کمتری به ازای هر واحد تولید در واحد سطح استفاده می‌شود. بر اساس نتایج به دست‌آمده چنین می‌توان بیان نمود که کاهش تولید به افت غیرمعنی‌دار عملکرد و افزایش کارآیی انرژی سیستم زراعت می‌انجامد و در نتیجه بیشترین کارآیی انرژی با کاهش تولید حاصل شد.

تجزیه و تحلیل انرژی‌های ورودی و خروجی در نظام زراعی تلفیقی ارقام مختلف لوبیا

براساس نتایج به‌دست‌آمده در نظام زراعی تلفیقی می‌توان چنین بیان نمود که بین نهاده‌های ورودی در نظام تلفیقی به‌ترتیب بیشترین میزان مربوط به نهاده‌های کود اوره ۳۵درصد در رقم صدری، ماشین‌آلات، ساخت و استهلاک ماشین‌آلات و سوخت در همه ارقام یکسان (۱۳درصد) و الکتریسیته و بذر به‌ترتیب ۱۰ و ۱۱درصد در لاین امیدبخش Ks-31169 مشاهده شد. این در حالی است که این نظام نسبت به نظام اکولوژیک از نظر نیروی کارگری و کود حیوانی کاهش چشمگیری داشته است (شکل ۲).

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، در مجموع ۳۲۰۸۶، ۳۲۳۸۴ و ۳۲۸۲۵مگاژول انرژی ورودی و ۵۲۵۱۵، ۴۸۴۲۵ و ۵۳۲۰۶مگاژول انرژی خروجی به‌ترتیب در ارقام مختلف (صدری، درسا و لاین امیدبخش Ks-31169) در نظام تولید تلفیقی محاسبه شد. بیشترین مقدار انرژی ورودی مربوط به انرژی‌های مستقیم (۵۸درصد) و تجدیدناپذیر (۹۱درصد) در رقم صدری مشاهده شد. قابل ذکر است که انرژی‌های غیرمستقیم و تجدیدپذیر کمترین مقدار از انرژی ورودی را به خود اختصاص داد، به‌طوری که به‌ترتیب بیشترین مقدار (۲۰۸۵۳ و ۴۲۷۷مگاژول در هکتار) در لاین امیدبخش Ks-31169 مشاهده شد که هر کدام ۶۴ و ۱۳درصد از انرژی ورودی به این نظام را تشکیل می‌دهند (جدول ۳). بیشترین مقدار شاخص‌های کارآیی (۱/۶۴)، انرژی خالص (۲۰۴۲۹مگاژول در هکتار)، بهره‌وری (۰/۱۰۱کیلوگرم درمگاژول)، شدت انرژی جاری (۱/۶۳۷مگاژول در مترمربع)، کارآیی زیست‌محیطی انرژی کمکی (۱/۶۹) و انرژی زیست‌محیطی خالص (۲۲۲۶۴مگاژول در هکتار) در رقم صدری مشاهده شد (جدول ۵). همچنین بیشترین شدت انرژی تولیدی (خروجی) و شدت انرژی مصرفی (ورودی) در رقم درسا به‌ترتیب ۵/۳۲ و ۳/۲۸مگاژول در مترمربع و بیشترین انرژی مخصوص و فشردگی انرژی در لاین امیدبخش Ks-31169 به‌ترتیب ۱۰/۹۶مگاژول در کیلوگرم و ۰/۰۰۴۸مگاژول در ریال به‌دست آمد (جدول ۴).

رقم صدری با دارابودن طول دوره رشدی بیشتر، از انرژی‌های آب، نیروی انسانی و الکتریسته بیشتری نسبت به سایر ارقام برخودار بوده است و احتمالاً به همین دلیل میزان انرژی ورودی و تجدیدناپذیر محاسبه‌شده در این رقم نسبت به سایر ارقام کمتر بوده است. Ozkan *et al,* (2004) در پژوهشی بر روی سیستم‌های مختلف زراعی بیان نمودند که در سیستم تلفیقی مصرف کود اوره و ماشین‌آلات به‌عنوان پرانرژی‌ترین نهاده‌ها لحاظ شده و استفاده کارآمد از آن‌ها از جمله مطلوب‌ترین روش‌ها در بهبود عملکرد انرژی سیستم های زراعی به‌شمار می‌آید.

تجزیه و تحلیل انرژی‌های ورودی و خروجی در نظام زراعی کم‌نهاده ارقام مختلف لوبیا

بیشترین میزان از نهاده‌های ورودی مربوط به نهاده‌های کود اوره (۲۳درصد)، ماشین‌آلات، ساخت و استهلاک ماشین آلات، سوخت (۱۶درصد) و الکتریسته (۱۱درصد) در رقم صدری بود (شکل ۳). همچنین بیشترین میزان انرژی نهاده بذر نیز در لاین امیدبخش Ks-31169 (۱۶درصد) مشاهده شد. از بین سایر نهاده‌ها سوپرفسفات، نیروی کارگری، علف- کش، آفت‌کش، و آبیاری کمترین سهم از انرژی‌های ورودی در هر سه رقم را به خود اختصاص دادند (شکل ۳).

در مجموع ۲۳۷۵۵، ۲۴۲۲۸ و ۲۴۷۹۶مگاژول انرژی ورودی در هکتار و ۳۸۵۰۰، ۳۰۷۸۵ و ۳۲۱۸۶مگاژول انرژی خروجی در هکتار به‌ترتیب در ارقام مختلف صدری، درسا و لاین امیدبخش Ks-31169 در نظام تولید کم‌نهاده محاسبه شد. بیشترین مقدار انرژی مستقیم و تجدیدناپذیر در رقم صدری (به‌ترتیب ۴۵ و ۸۷درصد) و انرژی غیرمستقیم و تجدیدپذیر در لاین امیدبخش Ks-31169 (به‌ترتیب ۵۹ و ۱۸درصد) مشاهده شد (جدول ۳). بر اساس نتایج شاخص های اندازه‌گیری‌شده بیشترین مقدار کارآیی (۱/۶۷)، انرژی خالص (۱۴۷۴۵مگاژول در هکتار)، بهره‌وری (۰/۰۹۹کیلوگرم درمگاژول)، شدت انرژی جاری (۱/۶۲۱مگاژول در مترمربع)، شدت انرژی تولیدی (۳/۸۵مگاژول در هکتار)، کارآیی زیست‌محیطی انرژی کمکی (۱/۷۱) و انرژی زیست‌محیطی خالص (۱۶۷۷۵مگاژول در هکتار) در رقم صدری مشاهده شد. از طرفی لاین امیدبخش Ks-31169 در شاخص شدت انرژی مصرفی (۲/۴۸مگاژول در متر مربع) و رقم درسا نیز در شاخص انرژی مخصوص (۱۲/۸۸مگاژول در کیلوگرم) و فشردگی انرژی (۰/۰۰۰۴۵مگاژول در ریال)، بیشترین میزان انرژی را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). همان‌گونه که در جدول۲ مشاهده می شود، نظام زراعی کم‌نهاده از نظر مصرف انرژی در بین سایر نظام ها رتبه چهارم را به خود اختصاص داده است. هر چند که نظام زراعی کم‌نهاده از نظر عملکرد راندمان کمتری داشت، اما با کاهش نهاده‌های انرژی و افزایش دور آبیاری (۷ روز) از نظر کارآیی مصرف انرژی در رتبه سوم بین پنج سیستم قرار گرفت. Nassi *et al,* (2011) در تحقیقی تحت عنوان مطالعه کارآیی انرژی در سیستم‌های زراعی مدیترانه‌ای تحت مدیریت‌های مختلف بیان نمودند که سیستم کم‌نهاده نسبت به سیستم مرسوم عملکرد و انرژی‌های ورودی کمتری داشتند. این کاهش انرژی‌های ورودی، افزایش کارآیی را برای این نظام‌های تولیدی دربرداشت. در همین راستا Erda *et al,* (2007) گزارش نمودند که کارآیی انرژی چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) در ترکیه ۲۵/۷۵ بود. آنها علت بالابودن کارآیی مصرف انرژی در چغندرقند را در مصرف پایین انرژی و همچنین بالابودن معادل انرژی هر واحد محصول تولیدی بیان کردند.

تجزیه و تحلیل انرژی‌های ورودی و خروجی در نظام زراعی متوسط‌نهاده ارقام مختلف لوبیا

براساس نتایج به‌دست‌آمده در نظام زراعی متوسط‌نهاده می‌توان بیان نمود که از بین نهاده‌های ورودی در بین ارقام مختلف بیشترین میزان انرژی ورودی مربوط به کود اوره (۳۰درصد)، ساخت و استهلاک ماشین‌آلات (۱۵درصد) و سوخت (۱۵درصد) در رقم صدری و لاین امیدبخش Ks-31169 بود (شکل ۴). بیشترین میزان انرژی ورودی بذر و الکتریسته در بین ارقام مختلف نظام تولیدی با نهاده متوسط مربوط به رقم صدری (۱۰درصد) بود.

در مجموع ۳۶۷۷۲، ۳۷۰۷۱ و ۳۷۵۱۱مگاژول انرژی ورودی در هکتار و ۴۰۱۹۸، ۴۶۵۲۰ و ۵۲۵۳۴مگاژول انرژی خروجی در هکتار به‌ترتیب در ارقام صدری، درسا و لاین امیدبخش Ks-31169 در نظام تولید متوسط‌نهاده محاسبه شد. سهم هریک از ارقام لوبیا لاین امیدبخش Ks-31169، درسا و صدری از انرژی مستقیم (۴۰، ۴۱ و ۴۲درصد)، غیرمستقیم (۶۰، ۵۹ و ۵۸درصد)، تجدیدپذیر (۱۱، ۱۰ و ۸درصد) و تجدیدناپذیر (۸۹، ۹۰ و ۹۲درصد) از کل انرژی‌های ورودی می‌باشد (جدول ۳). رقم صدری بیشترین میزان از انرژی مستقیم و تجدیدناپذیر و لاین امیدبخش Ks-31169 بیشترین میزان انرژی غیرمستقیم و تجدیدپذیر را به خود اختصاص دادند. بر اساس نتایج جدول ۴ بیشترین میزان شاخص کارآیی انرژی (۱/۴)، انرژی خالص (۱۵۰۲۳مگاژول در هکتار)، بهره‌وری (۰/۰۸۴کیلوگرم درمگاژول)، شدت انرژی جاری (۱/۴مگاژول در مترمربع)، شدت انرژی مصرفی

(۳/۷۵مگاژول در مترمربع)، کارآیی زیست‌محیطی انرژی کمکی (۱/۴) و انرژی زیست‌محیطی خالص (۱۵۰۲۳مگاژول در هکتار) در لاین امیدبخش Ks-31169 و بیشترین میزان شاخص‌های انرژی مخصوص (۱۴/۹۹مگاژول در کیلوگرم)، فشردگی انرژی (۰/۰۰۰۵۳مگاژول در ریال) و شدت انرژی تولیدی (۳/۷۵مگاژول در مترمربع) در رقم صدری مشاهده شد. Hatirli *et al*, (2006) در پژوهشی تحت عنوان بررسی الگوی مصرف انرژی و ارتباط بین انرژی ورودی و عملکرد گل رز (*Rosa hybrid* L.) گزارش نمودند که انرژی شیمیایی در بین سایر نهاده‌ها بیشترین مقدار انرژی مصرف‌شده را به خود اختصاص داد. در این نظام به‌جز کود حیوانی تقریباً از تمامی نهاده‌های انرژی استفاده شد. این نظام از لحاظ انرژی ورودی جایگاه دوم را در بین پنج نظام تولیدی لوبیا به خود اختصاص داد و همین امر کاهش کارآیی انرژی را در بر داشت.

تجزیه و تحلیل انرژی‌های ورودی و خروجی در نظام زراعی پُرنهاده ارقام مختلف لوبیا

در این نظام در بین انرژی‌های ورودی بیشترین میزان مربوط به نهاده کود اوره (۳۳درصد)، ساخت و استهلاک ماشین‌آلات (۱۵درصد)، سوخت (۱۵درصد) و الکتریسیته (۹درصد در صدری و درسا و ۸درصد در لاین امیدبخش Ks-31169) بود که در هر سه رقم به‌طور یکسان مشاهده شد. بیشترین میزان انرژی ورودی بذر مربوط به لاین امیدبخش Ks-31169 (۶درصد) و بیشترین میزان انرژی ورودی الکتریسته (۹درصد) و ماشین آلات (۱۶درصد) مربوط به رقم صدری بود (شکل ۵).

در مجموع به‌ترتیب ۵۰۱۳۸، ۵۰۲۷۴ و ۵۰۵۹۴مگاژول انرژی ورودی در هکتار و ۶۴۸۸۴، ۵۶۶۹۲ و ۶۰۸۵۱مگاژول انرژی خروجی در هکتار به‌ترتیب در ارقام صدری، درسا و لاین امیدبخش Ks-31169 محاسبه شد. براساس نتایج جدول ۳، سهم هریک از ارقام، لاین امیدبخش Ks-31169، درسا و صدری از انرژی مستقیم ۳۹، ۴۰ و ۴۱، از انرژی غیر-مستقیم ۶۱، ۶۰ و ۵۹، از انرژی تجدیدپذیر ۸، ۷ و ۶ و از انرژی تجدیدناپذیر ۹۲، ۹۳ و ۹۴درصد از کل انرژی‌های ورودی بود. قابل ذکر است که رقم صدری بیشترین میزان از انرژی مستقیم و تجدیدناپذیر و لاین امیدبخش Ks-31169 بیشترین میزان انرژی غیرمستقیم و تجدیدپذیر را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). در بین ارقام مختلف، بیشترین کارآیی انرژی (۱/۲۹)، انرژی خالص (۱۴۷۴۶مگاژول در هکتار)، بهره‌وری (۰/۰۸ کیلوگرم درمگاژول)، شدت انرژی جاری (۱/۲۹۴مگاژول در مترمربع)، شدت انرژی تولیدی (۶/۴۹مگاژول در مترمربع)، کارآیی زیست‌محیطی انرژی کمکی (۱/۳) و انرژی زیست‌محیطی خالص (۱۶۴۸۹مگاژول در هکتار) در رقم صدری مشاهده گردید. همان‌گونه که در جدول ۸ مشاهده می‌شود، لاین امیدبخش Ks-31169 بیشترین میزان فشردگی انرژی (۰/۰۰۰۶۱مگاژول در ریال) و شدت انرژی مصرفی (۵/۰۶مگاژول در مترمربع) و رقم درسا بیشترین میزان انرژی مخصوص (۱۴/۷۶مگاژول در کیلوگرم) را به خود اختصاص دادند (جدول ۸).

در همین رابطه نیز Rathke *et al*, (2002) گزارش کردند که کودهای شیمیایی ۴۰ تا ۵۰درصد انرژی ورودی به سیستم‌های زراعی را شامل می‌شوند. Rajabi (2010) در تحقیقی بیان نمود که عملیات تهیه زمین با ۵۴/۸ و آبیاری ۱۶/۷درصد بالاترین سهم را در بین نهاده‌ها به خود اختصاص دادند.

نتیجه‌گیری

در میان نظام‌های مورد مطالعه، نظام اکولوژیک از نظر کارآیی انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی جاری، کارآیی زیست‌محیطی انرژی کمکی و انرژی زیست‌محیطی خالص نسبت به سایر نظام‌ها در سطح بالاتری قرار داشت. این نتایج نشان‌دهنده سازگاری این نظام با طبیعت است. این در حالی است که نظام پُرنهاده از نظر شدت انرژی تولیدی (خروجی) و شدت انرژی مصرفی (ورودی) نسبت به سایر نظام‌ها در سطح بالاتری قرار گرفت. مقایسه انرژی‌های ورودی دو نظام اکولوژیک و پُرنهاده نشان می‌دهد که سیستم پُرنهاده ۲۷۲درصد انرژی ورودی بیشتری نسبت به اکولوژیک داشته که همین امر تأثیر چشمگیری بر میزان کارآیی هردو نظام داشته است. از راهکارهای پیشنهادی برای کاهش مصرف انرژی می‌توان به استفاده از سیستم‌های شخم حداقل یا کاهشی، استفاده از انرژی‌های جایگزین سوخت‌های فسیلی، بهینه‌سازی مصرف انواع نهاده‌ها، لحاظ‌نمودن انرژی انسانی و استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای (تیپ) اشاره نمود.

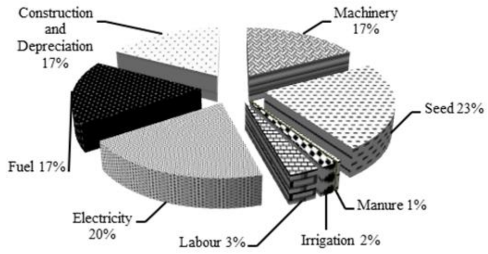


Fig. a - Cultivar Sadri الف- رقم صدری

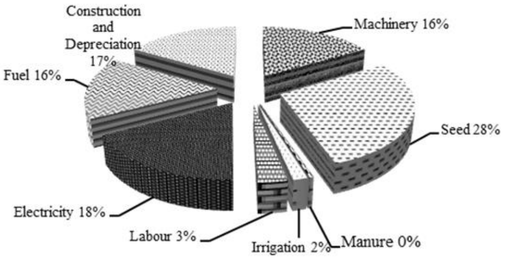


Fig. b - Cultivar Dorsa ب- رقم درسا

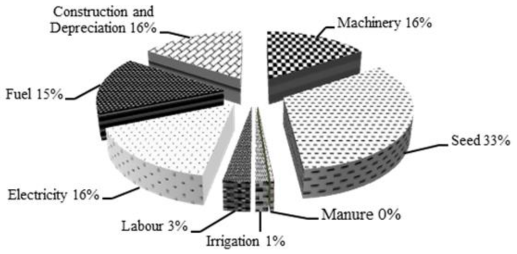


Fig c - Cultivar Ks-31169 ج- لاین Ks-31169

شکل ۱- سهم هر یک از انرژی های ورودی از کل انرژی ورودی به نظام زراعی اکولوژیک در ارقام مختلف لوبیا

Fig. 1. Share of each input energy from total energy of ecological farming systems in different been varieties

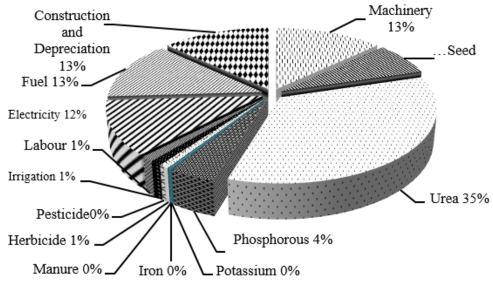


Fig. a- Cultivar Sadri شکل الف- رقم صدری

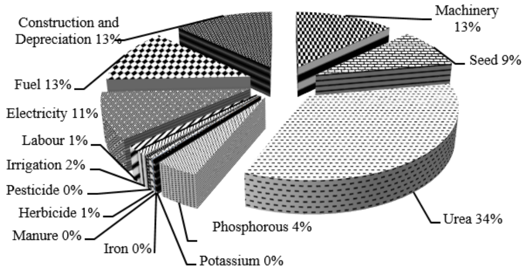


Fig. b- Cultivar Dorsa شکل ب- رقم درسا

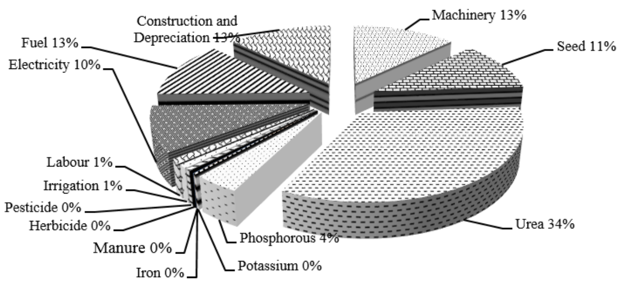


Fig. c- Cultivar Ks-31169 شکل ج- لاین Ks-31169

شکل ۲- سهم هر یک از انرژی‌های ورودی از کل انرژی ورودی به نظام زراعی تلفیقی در ارقام مختلف لوبیا

Fig. 2. Share of each energy input from total energy of integrated farming systems in different beean varieties

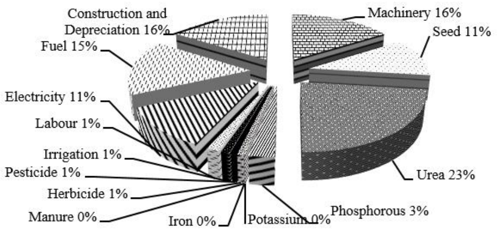


Fig a- Cultivar Sadri شکل الف- رقم صدری

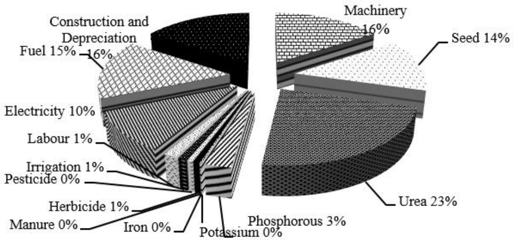


Fig b- Cultivar Dorsa شکل ب- رقم درسا

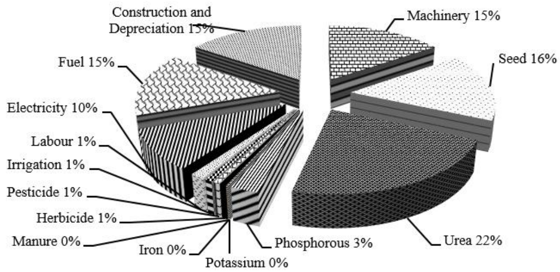


Fig c - Cultivar Ks-31169 شکل ج- لاین Ks-31169

شکل ۳- سهم هر یک از انرژی‌های ورودی از کل انرژی ورودی به نظام زراعی کم‌نهاده در ارقام مختلف لوبیا

Fig. 3. Share of each energy input from total energy of low input farming systems in different beean varieties

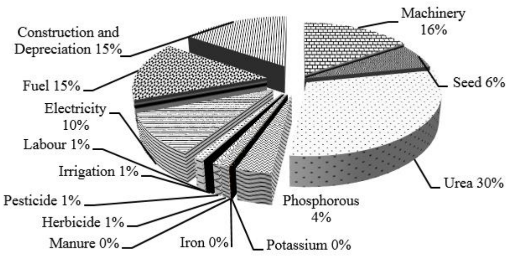


Fig. a- Cultivar Sadri شکل الف- رقم صدری

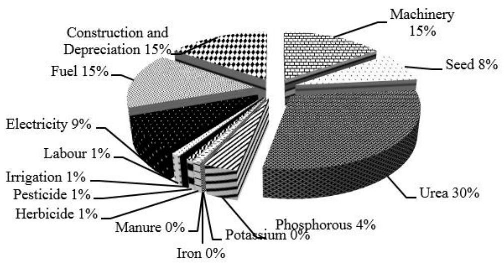


Fig. b- Cultivar Dorsa شکل ب- رقم درسا

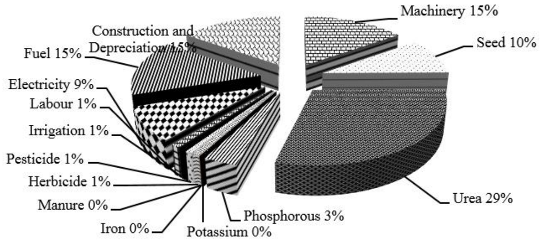


Fig. c- Cultivar Ks-31169 شکل ج- لاین Ks-31169

شکل ۴- سهم هر یک از انرژی‌های ورودی از کل انرژی ورودی به نظام زراعی متوسط‌نهاده در ارقام مختلف لوبیا

Fig. 4. Share of each energy input of the total energy of medium-input farming systems in different beean varieties

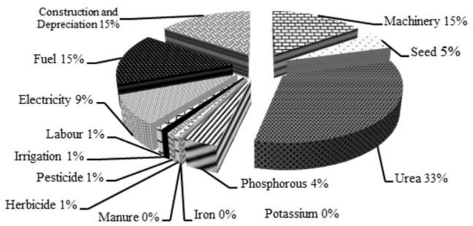


Fig 14 - Cultivar Dorsa شکل ب – رقم درسا

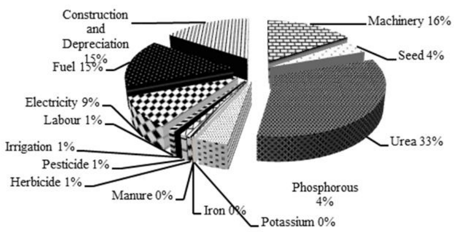


Fig13- Cultivar Sadri شکل الف – رقم صدری

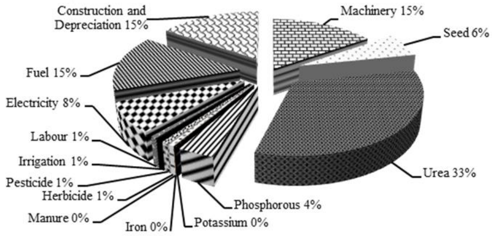


Fig 15 - Cultivar Ks-31169 شکل ج – رقم Ks-31169

شکل ۵- سهم هر یک از انرژی‌های ورودی از کل انرژی ورودی به نظام زراعی پُرنهاده در ارقام مختلف لوبیا

Fig. 5. Share of each energy input of the total energy of high-input farming systems in different bean varieties

جدول ۴- شاخص‌های اندازه‌گیری شده شدت‌های مختلف نهاده در ارقام مختلف لوبیا

Table 4. The indices measure different intensities inputs on different bean varieties

شدت‌های مختلف نهاده Different intensities inputs		پُرنهاده High-input	متوسط Medium-input	کم‌نهاده Low-input	تلفیقی Integrated	اکولوژیک Ecological
کارآیی انرژی Energy use efficiency	صدری Sadri	1.29	1.09	1.62	1.64	3.30
	درسا Dorsa	1.13	1.25	1.27	1.50	2.67
	Ks-31169	1.20	1.40	1.30	1.62	2.59
انرژی خالص Net energy (MJ ha^{-1})	صدری Sadri	14746	3426	14745	20429	30941
	درسا Dorsa	6418	9449	6557	16041	23522
	Ks-31169	10257	15023	7389	20382	23580
بهره‌وری انرژی Energy productivity (kg MJ)	صدری Sadri	0.080	0.067	0.099	0.101	0.201
	درسا Dorsa	0.068	0.076	0.078	0.091	0.164
	Ks-31169	0.074	0.084	0.080	0.100	0.157
شدت انرژی جاری Current energy intensity (MJ m^2)	صدری Sadri	1.294	1.093	1.621	1.637	3.297
	درسا Dorsa	1.128	1.255	1.271	1.495	2.669
	Ks-31169	1.203	1.400	1.298	1.621	2.593
انرژی مخصوص Specific energy (MJ kg^{-1})	صدری Sadri	12.56	14.99	10.12	9.95	4.98
	درسا Dorsa	14.76	13.10	12.88	10.96	6.11
	Ks-31169	13.55	11.84	12.58	9.98	6.38
فشردگی انرژی Energy intensiveness (MJ R)	صدری Sadri	0.00058	0.00050	0.00043	0.00046	0.00022
	درسا Dorsa	0.00060	0.00053	0.00045	0.0004780	0.00023
	Ks-31169	0.00061	0.00052	0.00044	0.0004775	0.00024
شدت انرژی تولیدی Energy intensity of production (MJ m^2)	صدری Sadri	6.49	4.02	3.85	5.25	4.44
	درسا Dorsa	5.67	4.65	3.08	4.84	3.76
	Ks-31169	6.09	5.25	3.22	5.32	3.84
شدت انرژی مصرفی Intensity of energy use (MJ m^2)	صدری Sadri	5.01	3.68	2.38	3.21	1.35
	درسا Dorsa	5.03	3.71	2.42	3.24	1.41
	Ks-31169	5.06	3.75	2.48	3.28	1.48
کارآیی زیست‌محیطی انرژی کمکی Environmental performance of energy subsidies	صدری Sadri	1.3	1.14	1.71	1.69	3.5
	درسا Dorsa	1.16	1.25	1.35	1.6	2.8
	Ks-31169	1.24	1.40	1.38	1.68	2.7
انرژی زیست‌محیطی خالص Environmental net Energy (MJ ha)	صدری Sadri	16489	5229	16775	22264	33202
	درسا Dorsa	8161	9449	8587	17876	25783
	Ks-31169	12000	15023	9419	22217	25840

سپاسگزاری

این مطالعه در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد و با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه زابل با پژوهانه شماره ۸-۹۵۱۷ انجام گردید.

منابع

1. Alfoldi, T., Spiess, E., Niggli, U., and Besson, J.M. 1995. Energy input and output for winter wheat in biodynamic, bio-organic and conventional production systems. In: Soil Management in Sustainable Agriculture. Proceedings of the 3rd International Conference on Sustainable Agriculture. Wye College, University of London, UK, 31 August to 4 September 1993, 574-578.
2. Asgharipour, M.R., Mondani, F., and Riahinia, S. 2012. Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: A case study in Khorasan Razavi province. Energy 44: 1078-1084.
3. Behbahani, N. 2012. The role and importance of sustainable agriculture. News, Analysis, Research 55: 1- 5. (In Persian with English Summary).
4. Berardi, G.M. 1977. An energy and economic analysis of conventional and organic wheat farming. In: Food Fertiliser and Agricultural Residues. Proceedings of the 1977 Cornell Agricultural Waste Management Conference, Ann Arbor Science Publishers Inc. Ann Arbor, Michigan; USA. 439-447.
5. Clements, D.R., Weise, S.F., Brown, R., Stonehouse, D.P., Hume, D.J., and Swanton, C.J. 1995. Energy analysis of tillage and herbicide inputs in alternative weed management systems. Agriculture, Ecosystem and Environment 52: 119-128.
6. Cormack, W.F. 2000. Energy Use in Organic Farming Systems (OF0182). ADAS Consulting Ltd, Terrington.
7. Erda, G., Esengun, K., Erdal, H., and Gunduz, O. 2007. Energy use and economic analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy 32:35-41.
8. Ghadiri, A. 2010. Evaluation of Conventional and Ecological Crop Management and Energy Efficiency in Bean in Khomein. Final Report of Research Project. Publications of Research, Education and Extension. Registration number: 44/355. (In Persian with English Summary).
9. Halberg, N., Kristensen, E.S., and Refsgaard, K. 1994. Energy use in crop production on Danish mixed farms: systemic modelling of data from farm studies. In: Researches System Agriculture Development Rural. International Symposium, Montpellier, France, 21-25 November 1994, 360-365.
10. Hatirli, S., Ozkan, B., and Fert, C. 2006. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. Renewable Energy 31: 427-438.
11. Koocheki, A., and Hosseini, M. 1994. Energy Efficiency in Agricultural Ecosystems. Publication of Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
12. Koocheki, A., and Hosseini, M. 1995. Agroecology. Publication of Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
13. Koocheki, A., Hosseini, M., and Khazaei, A. 1996. Sustainable Agroecosystems. Publication of Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
14. Kouhnavard, P., Jalilian, J., and Pirzad, A. 2011. The effect of foliar application of micronutrients on some agronomic characteristics of safflower in the conventional and ecological systems. Journal of Agronomy 4(6): 25-14. (In Persian with English Summary).
15. Locke, M.A., Reddy, K.N., and Zablotowicz, R.M. 2002. Weed management in conservation crop production systems. Weed Biology and Management 2(3): 123-132.
16. Mahdavi-Damghani, A.M., Koocheki, A., Rezvany-Moghadm, P., and Nasiri-Mahalati, M. 2006. The study of ecological sustainability of cotton in Khorasan wheat farming system. Journal of Agricultural Researches 3: 129-143. (In Persian with English Summary).
17. Moerschner, J., and Gerowitt, B. 2000. Direct and indirect energy use in arable farming- An example on winter wheat in Northern Germany. In: B.P. Weidema and M.J.G. Meeusen (Eds.). Agricultural Data for Life Cycle Assessments. The Hague, Agricultural Economics Research Institute (LEI), 1:195 p.
18. Nassi, N.D.N., Bosco, S., Bene, C.D., Coli, A., Mazzoncini, M., and Bonari, N. 2011. Energy efficiency in long-term Mediterranean cropping systems with different management intensities. Energy 36: 1924-1930.
19. Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fert, C. 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy 29: 39-51.

20. Pimental, D., Berardi, G., and Fast, S., 1983. Energy efficiency of farming system: organic and conventional agriculture. Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment 9: 359-372.
21. Qiu, H.J., Zhu, W.B., Wang, H.B., and Cheng, Xu. 2007. Analysis and design of agricultural sustainability indicators system. Agricultural Sciences in China 6(4): 475-486.
22. Rajabi, M.H. 2010. Evaluation of Energy Balance and Greenhouse Gases Emission in Wheat Production in Gorgan. Agronomy M.Sc. Thesis, Islamic Azad University of Bojnourd Branch. p 110 (In Persian with English Summary).
23. Rathke, G.W., Korschens, M., and Diepenbrock, W. 2002. Substance and energy balances in the static fertilization experiment bad Lauchstadt. Germany Journal of Agronomy 48: 423-433.
24. Sayadi, Z., Siadat, S.A., and Poursiah-Bidi, M.M. 2010. The impact of different food systems (low input, high input and organic) on beans varieties in north of Ilam province. Journal of Crop Physiology 7(3): 119: 107. (In Persian with English Summary).
25. Sedighi, H., and Rousta, K. 2003. Study of affecting factors on knowledge of sustainable agriculture in corn farmers of Fars province. Iranian Journal of Agricultural Sciences 4: 924-913. (In Persian with English Summary).
26. Stolze, M., Piorr, A., Häring, A., and Dabbert, S. 2000. The environmental impacts of organic farming in Europe. Organic Farming in Europe: Economics and Policy, University of Hohenheim 6: 127-132.
27. Zare, Sh., and Shahbazi, H. 2005. Comparison the Economic Viability Between High-input, Low-input and Medium-input of Sugar Beet Systems. The Final Report of the Research Project. Publications Agriculture and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi Province. Registration number, 312/84. (In Persian with English Summary).
28. Zare-Faizabad, A.S., and Koocheki, A. 2000. The efficiency of conventional farming and ecological systems at different frequencies wheat. Iranian Journal of Crop Sciences 1(4): 1-12. (In Persian with English Summary).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 1, 2019, p. 126-140 (Research Article)

Evaluation of energy budget of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production in different cropping systems

Shahgholi[1], H., Asgharipour[2*], M.R., Khamari[3], I. & Ghadiri[4], A.

1. PhD. Student, Department of Agronomy, College of Agriculture, University of Zabol, h_agroo2000@yahoo.com
2. Associate Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, University of Zabol
3., Assistant Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, University of Zabol, ikhammari@gmail.com
4. National Bean Research Station of Khomeyn, Khomeyn, Iran, adelgh_m@yahoo.com

Received: 18 April 2017
Accepted: 24 August 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.63255

Introduction

Reducing dependence on auxiliary energy is the basic objective in all farming systems. Based on scientific research, potential production of different agricultural ecosystems assists to improve the efficiency of production. Since energy consumption is one of the most important necessities in different production systems (ecologic, low-input, medium-input, high-input and integrated), introduction of an efficient system of agriculture will contribution to the economic cycle of agriculture. So far, a few studies have been conducted to evaluate energy consumption of different production systems of beans in Iran, therefore this study examine energy budget of different input intensity for bean varieties. There have been many attempts to define agricultural sustainability in recent decades; In fact, the concepts of sustainable agriculture have been common since the late twentieth century. But in the first decades of this century it was used as synonymous with terms such as organic agriculture, ecological, precision agriculture, biodynamic, organic and low input agriculture. The main objectives of sustainable agriculture are optimal production of food with increased quality and quantity, conserving water and soil conservation and increased economic benefits for farmers, agricultural activity accordance with ecological processes and environmental protection, the use of appropriate technologies, non-deployment of harmful inputs to the environment, as well as human health and animal.

Materials & Methods

The experimental design was a split plot with five intensities of inputs: ecologic, low-input, medium-input, high-input and integrated comprising the main treatments, and different bean varieties (navy bean *cv*. Dorsa, kidney bean *cv*. Ks-31169 and pinto bean *cv*. Sadri) as sub-treatments that were applied with three replications. The experiment was conducted in 2016 in National Bean Research Station at Khomeyn, Iran. Based on the energy equivalents of the inputs and outputs, energy use efficiency, energy productivity, specific energy, energy intensiveness, net energy and energy intensity of production were calculated.

Results & Discussion

The total energy input for ecologic, low-input, medium-input, high-input and integrated system was 14121, 32432, 24260, 37118 and 57390 MJ ha^{-1}, respectively. The total energy output for ecologic, low-input, medium-input, high-input and integrated systems was estimated as 40135, 51382, 33824, 46417 and 60142 MJ ha^{-1}, respectively. Averaged over five evaluated systems and three varieties of bean, the greatest and the least direct energy used in ecologic system of Sadri and integrated system of Ks-31169 (58% *vs*. 36%), indirect energy used in integrated system of Ks-31169 and ecological system of Sadri (64% *vs*. 42%), renewable energy used in ecological system of Ks-31169 and high-input system of Sadri (37 *vs*. 6) and non-renewable energy used in high-input system of Sadri and ecological system of Ks-31169 (94 *vs*. 63). The greatest energy efficiency and environmental efficiency of support energy was observed in ecologic system of Sadri (3.3 and 3.5, respectively), indicating 155 and 169 percent greater efficiency compared with the high-input system of Sadri. Zare-Faizabad and Koocheki (2000) compared conventional and ecological systems of wheat and concluded that yield of low-input and organic system is lower than other systems, but

[*]**Corresponding Author:** m_asgharipour@uoz.ac.ir

efficiency of energy is higher in this system. In a study to evaluate the energy efficiency of organic and conventional systems in corn and wheat reported that energy use efficiency of organic system was 29-70 percent greater than conventional system. Ozkan *et al.* (2004) on their study on different agronomic systems reported that, in integrated management systems urea fertilizer and machinery are the most important inputs and efficient use of them are essential to improve energy use efficiency of these systems. Nassi *et al.* (2011) stated that low-input systems had less energy inputs compared to conventional systems. This decrease in input energy resulted in greater energy use efficiency in these systems.

Conclusion

It could be concluded that ecologic system improved ecosystem service, especially non-market service in comparison with other systems. Although reduction of energy intensity of production (output energy) and energy intensity of consumption (input energy) reduced total value of the services in ecological agriculture, however moving toward sustainable and ecologic agriculture resulted in more non-market services such as health maintenance system of production and the production of healthy food.

Keywords: Environmental efficiency, Integrated systems, Pulse crops, Renewable energy